



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 197 52 661 A 1

51 Int. Cl.⁶:
B 60 R 16/02

21 Aktenzeichen: 197 52 661.6
22 Anmeldetag: 27. 11. 97
43 Offenlegungstag: 10. 6. 99

DE 197 52 661 A 1

https://www.patent-und-markenamt.de

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Götze, Thomas, Dipl.-Ing., 09113 Chemnitz, DE;
Johanning, Hans-Peter, Dipl.-Ing., 97299 Zell, DE;
Schäfer, Heinz, Dr.-Ing., 97230 Estenfeld, DE

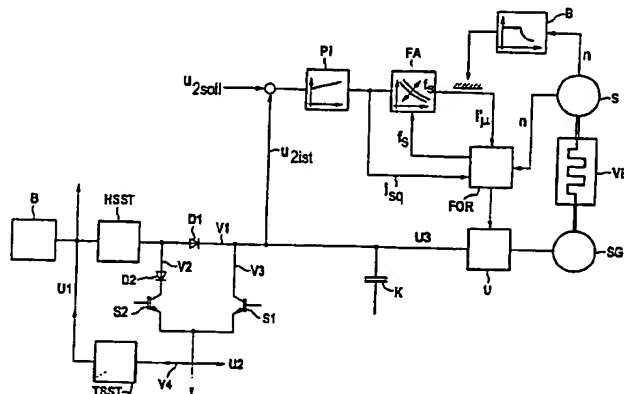
56 Entgegenhaltungen:
DE 1 96 01 241 A1
DE 37 43 317 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bordnetz für ein Kraftfahrzeug

57 Zur Reduzierung der Batterie-Belastung ist zumindest für Hochstrom-Verbraucher eine zweite erhöhte Bordnetzspannung vorgesehen; diese wird über einen Hochsetzsteller (HSST) von der Batteriespannung abgeleitet oder im Generator-Betrieb eines mit einem Verbrennungsmotor (VB) des Kraftfahrzeuges koppelbaren Starter-Generators (SG) von diesem über einen Umrichter (U) geliefert. Der Hochsetzsteller (HSST) ist zur Batterie-Speisung eines Start-Kondensators (K) und der Umrichter (U) ist zur Ansteuerung des Starter-Generators (SG) beim Starten des Verbrennungsmotors (VB) mitbenutzt.



DE 197 52 661 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Bordnetz für ein Kraftfahrzeug gemäß Patentanspruch 1. Derartige Bordnetze dienen insbesondere zum Anschluß von Verbrauchern an bordnetzseitige Energiespeicher, insbesondere eine Batterie, und bordnetzseitige Energieerzeuger, insbesondere einen mit der Kraftfahrzeug-Verbrennungsmaschine koppelbaren Starter-Generator; falls auch Hochstrom-Verbrauchern an das Bordnetz angeschlossen sind, ist es zur Verlustminimierung zweckmäßig, zu deren Versorgung eine zweite, gegenüber einer ersten batterieseitigen Spannung erhöhte Spannung vorzusehen.

Gemäß Aufgabe vorliegender Erfindung soll mit möglichst geringem Aufwand hinsichtlich Hardware und Software eine zweite Bordnetzspannung zur Verfügung gestellt werden. Die Lösung dieser Aufgabe gelingt erfindungsgemäß durch ein gemäß Patentanspruch 1 aufgebautes Bordnetz; vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Bordnetz erlaubt es, mit Hilfe der Schalt- bzw. Verbindungsvorrichtung mit nur einem Hochsetzsteller sowohl einerseits einen Start-Kondensator für den Starter-Generator mit einer entsprechend hohen Spannung aufzuladen bzw. das zweite Bordnetzteil aus der Batterie zu versorgen und andererseits im Generatorbetrieb des Starter-Generators unter Verwendung des dem Starter-Generator zugeordneten Umrichters das zweite Bordnetzteil durch entsprechende Regelung des Umrichters mit einer Spannung zu versorgen, die gegenüber der Batteriespannung erhöht und gegenüber der Spannung des Starter-Generators herabgesetzt ist. Zweckmäßigerweise wird im Generatorbetrieb der Start-Kondensator dann als Zwischenkreiskondensator eingesetzt.

Die elektrische Schalt- bzw. Verbindungsvorrichtung besteht in schaltungstechnisch besonders aufwandsarmer Weise aus einer ersten Verbindung von dem ersten Bordnetzteil zu dem dritten Bordnetzteil mit Sperrung in Gegenrichtung, weiterhin aus einer zweiten Verbindung von dem ersten Bordnetzteil zu dem zweiten Bordnetzteil mit Sperrung in Gegenrichtung und Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetzteils aus dem ersten Bordnetzteil sowie aus einer dritten Verbindung von dem dritten Bordnetzteil zu dem zweiten Bordnetzteil mit Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetzteils aus dem dritten Bordnetzteil vorgesehen; zweckmäßigerweise werden zur Sperrung in Gegenrichtung Dioden und zur Ein- bzw. Abschaltung der einzelnen schaltbaren Verbindungen je ein Thyristor bzw. Transistor, insbesondere IGBT, vorgesehen.

Mit geringem schaltungs- und steuerungstechnischen Zusatzaufwand kann im Generatorbetrieb des Starter-Generators auch eine Nachladung der Batterie bzw. eine Versorgung des ersten Bordnetzteils aus dem Starter-Generator dadurch erreicht werden, daß der erste Bordnetzteil über einen Tiefsetzer mit dem zweiten Bordnetzteil verbunden ist; in diesem Fall erfolgt also ein Leistungsfluß vom Starter-Generator über den Umrichter mit Zwischenkreiskondensator über die Verbindung zwischen dem dritten Bordnetzteil und dem zweiten Bordnetzteil und die anschließende Verbindung von dem zweiten Bordnetzteil über den Tiefsetzer zu dem ersten Bordnetzteil. Als Zwischenkreis-Kondensator wird dabei zweckmäßigerweise der zum Starten des Starter-Generators vorgesehene Start-Kondensator benutzt.

Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden im folgenden anhand eines in der Figur schematisch dargestellten Bordnetzes für ein Kraftfahrzeug mit einem batterieseitigen ersten Bordnetzteil, einem zweiten Bordnetzteil zur Versorgung von Verbrauchern, insbesondere Hochstrom-Verbrauchern, mit gegenüber der Batteriespannung erhöhter Spannung und einem dritten Bordnetzteil mit Anschluß an einen mit dem Verbrennungsmotor des Kraftfahrzeuges koppelbaren Starter-Generator näher erläutert.

Das in der Figur dargestellte Bordnetz kann grundsätzlich aufgeteilt werden in einen ersten Bordnetzteil U1 mit einem Spannungsniveau von z. B. 12 Volt entsprechend der Spannung der Batterie B, in einen zweiten Bordnetzteil U2 zur Versorgung von Hochstrom-Verbrauchern mit einem Spannungsniveau von z. B. 180 Volt, in einen dritten Bordnetzteil U3 mit einem Spannungsniveau von z. B. 400 Volt zur Ladung eines Start-Kondensators K zum Starten eines Verbrennungsmotors VB mittels eines über einen Umrichter U speisbaren Starter-Generators SG; der dritte Bordnetzteil U3 dient im Generatorbetrieb des Starter-Generators SG weiterhin dazu, dessen Ausgangsspannung mit einem über den Umrichter U eingeregelter Spannungsniveau von ca. 180 Volt an das Spannungsniveau des zweiten Bordnetzteils U2 anzupassen. Ein Regelungsteil dient zum energieoptimalen Betrieb der als Starter-Generator SG vorgesehenen Asynchronmaschine, vorzugsweise mit Käfigläufer.

Es besteht eine elektrische Schalt- bzw. Verbindungsvorrichtung V1-V3 mit einer ersten Verbindung V1 von dem ersten Bordnetzteil U1 zu dem dritten Bordnetzteil U3 mit Sperrung in Gegenrichtung sowie mit einer zweiten Verbindung V2 von dem ersten Bordnetzteil U1 zu dem zweiten Bordnetzteil U2 mit Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetzteils U2 aus dem ersten Bordnetzteil U1 und mit einer dritten Verbindung V3 von dem dritten Bordnetzteil U3 zu dem zweiten Bordnetzteil U2 mit Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetzteils U2 aus dem dritten Bordnetzteil U3.

Im Zuge der Startvorbereitung des Verbrennungsmotors VB über den dann als Asynchronmotor arbeitenden Starter-Generator SG wird, z. B. nach Betätigung des Zündschlüssels, mit Hilfe eines Hochsetzstellers HSST (DC-DC-Wandler) über die Verbindung V1 ein Start-Kondensator K im dritten Bordnetzteil U3 aus der Batterie B auf eine Spannung von ca. 400 Volt aufgeladen. Schalter S1 bzw. S2 in der Verbindung V2 bzw. V3 sind während dieser Ladeperiode des Start-Kondensators K geöffnet. Durch eine Diode D1 in der Verbindung V1 ist diese in Gegenrichtung zur Batterie B gesperrt.

Nach dem zuvor beschriebenen Aufladevorgang des Start-Kondensators K kann der zweite Bordnetzteil U2 durch Schließen des Schalters S2 in der Verbindung V2 mittels des Hochsetzstellers HSST auf die zweite Bordnetzspannung von z. B. 180 Volt gebracht und mit Energie aus der Batterie B versorgt werden. Die Diode D1 verbleibt dabei im gesperrten Zustand, da der Start-Kondensator K im Regelfall auf einem gegenüber dem Spannungsniveau des zweiten Bordnetzteils U2 erhöhten Spannungsniveau liegt.

Beim eigentlichen Startvorgang kann der Verbrennungsmotor VB mit Hilfe des Asynchronmotors des Starter-Generators SG auf eine Drehzahl von ca. 400-700 U/min hochgefahren werden; im Falle einer elektronischen Ventilsteuerung sind die Ventile zweckmäßigerweise während des Hochfahrens voll geöffnet und damit kompressionslos gestellt. Sobald der Verbrennungsmotor VB eine vorgesehene Drehzahl bzw. den erforderlichen Drehwinkel seiner Kurbelwelle erreicht

hat, kann der Verbrennungsmotor VB bei normaler Ventilstellung gezündet und der Starter-Generator SG antriebsseitig abgeschaltet werden. Falls beim Startvorgang die im Start-Kondensator K vorgespeicherte Energie nicht ausreicht, kann für den Fall, daß das Spannungsniveau des dritten Bordnetzteils U3 kleiner ist als das Spannungsniveau des zweiten Bordnetzteils U2, zusätzlich Energie aus der Batterie B über den Hochsetzsteller HSST und die Verbindung V1 für den über den Umrichter U gespeisten Starter-Generator SG bezogen werden.

Nach dem Zündvorgang des Verbrennungsmotors VB kann der Starter-Generator SG in den Generatorbetrieb übergehen. Dabei wird das Spannungsniveau des dritten Bordnetzteils U3 als Zwischenkreisspannung über den Umrichter U und den zweckmäßigerweise als Zwischenkreiskondensator benutzten Start-Kondensator K auf das Spannungsniveau des zweiten Bordnetzteils U2, von z. B. auf 180 Volt, geregelt. Nach Erreichen des Spannungsniveaus des Bordnetzteils U2 wird der Schalter S2 geöffnet und somit die Verbindung V2 unterbrochen und der Schalter S1 geschlossen und somit die Verbindung V3 vom Bordnetzteil U3 zum Bordnetzteil U2 hergestellt; der Hochsetzsteller HSST wird zweckmäßigerweise außer Betrieb gesetzt. Der Starter-Generator SG arbeitet nunmehr im Generatorbetrieb und versorgt über die geregelte Zwischenkreisspannung des Bordnetzteils U3 das Bordnetzteil U2 und die daran angeschlossenen Hochstrom-Verbraucher.

Über eine nach einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehene weitere vierte Verbindung V4 ist der zweite Bordnetzteil U2 über einen Tiefsetzsteller TSST (DC-DC-Wandler) mit dem ersten Bordnetzteil U1 derart verbindbar, daß im Generatorbetrieb des Starter-Generators SG die Batterie B mit einer über den Tiefsetzsteller TSST auf ihr Spannungsniveau herabgesetzten Spannung nachgeladen und die Verbraucher dieses Spannungsniveaus versorgt werden können.

Um im Generatorbetrieb des Spannungsgenerators SG mit möglichst großem Wirkungsgrad und somit mit möglichst geringer Belastung der Energiespeicher bzw. Energieversorger arbeiten zu können, sind die elektrischen Verluste sowohl im Umrichter U als auch in der für den Starter-Generator SG vorgesehenen Asynchronmaschine in vorteilhafter Weise dadurch gering gehalten, daß in einer feldorientierten Regelung FOR das innere Moment M_{i1} der Asynchronmaschine des Starter-Generators SG nach dem Prinzip der verlustoptimalen Steuerung bzw. Regelung des Rotorflusses durch entsprechende Adaptierung des Magnetisierungsstromes i'_μ in Abhängigkeit von einem entsprechend dem jeweils geforderten Antriebsdrehmoment ermittelten Wirkstrom i_{sq} eingestellt wird.

Die feldorientierte bzw. rotorflußorientierte Vektorstromregelung einer Asynchronmaschine ist an sich, z. B. durch das Buch "Steuerverfahren für Drehstrommaschinen" von H. Späth, Springer-Verlag, 1983, bekannt.

Die feldorientierte Steuerung der Asynchronmaschine geht von der mathematischen Beschreibung des dynamischen Maschinenverhaltens mit Rauinzeigergrößen aus. Feldorientierung bedeutet, daß man die frei wählbare Bezugsachse dieses mathematischen Maschinenmodells bezüglich ihrer Winkellage fest mit dem Rotorflußraumzeiger, dem Statorflußraumzeiger oder dem Luftspaltflußraumzeiger verbindet. Die mathematisch einfachste Maschinenstruktur und damit auch die einfachste Struktur einer Steuerung ergeben sich dann, wenn der Rotorflußraumzeiger als Orientierungsgröße gewählt wird. Die Struktur der Maschine gleicht dann bei Vorgabe des Ständerstromraumzeigers der einer fremderregten kompensierten Gleichstrommaschine. Die feldorientierte Steuerung der Asynchronmaschine wird dadurch erreicht, daß man die im feldorientierten Koordinatensystem dargestellten Komponenten des Statorstromzeigers der Maschine als Steuer- bzw. Regelgrößen vorgibt. Mittels einer einfachen Entkopplung werden der Betrag des Flußraumzeigers und das innere Drehmoment unabhängig voneinander steuerbar.

Das innere Drehmoment M_{i1} ist dann ähnlich wie bei der Regelung einer Gleichstrommaschine bestimmt aus dem Produkt von Wirkstrom i_{sq} und adaptiertem Magnetisierungsstrom i'_μ

$$M_{i1} = K_1 \cdot i_{sq} \cdot i'_\mu$$

Die Verluste einer Asynchronmaschine können wie folgt angegeben werden:

$$P_V = P_{VCU} + P_{VFe}$$

$$P_V = \left[R_s + R_{Fe} \cdot h \cdot \frac{f_s}{f_{sn}} + R_{Fe} \cdot (1-h) \cdot \left(\frac{f_s}{f_{sn}} \right)^2 \right] \cdot (i'_\mu)^2 + (R_s + R_R) \cdot \left(\frac{M_{i1}}{K_1} \right)^2 \cdot \frac{1}{(i'_\mu)^2}$$

R_s = Statorwiderstand

R_R' = Auf den Stator umgerechneter Rotorwiderstand

R_{Fe} = Eisenverlustwiderstand

h = Faktor für Hystereseverluste

$1-h$ = Faktor für Wirbelstromverluste

f_s = Statorfrequenz

f_{sa} = Statornennfrequenz.

Der im Sinne eines geringsten Verlustes optimale Magnetisierungsstrom ergibt sich daraus nach folgenden Beziehungen:

$$\frac{\delta P_v}{\delta i_\mu'} = 0$$

$$i_{\mu'}^{opt} = \sqrt{\frac{R_S + R_R}{R_S + R_{Fe} \cdot h \cdot \left(\frac{f_s}{f_{sn}}\right) + R_{Fe} \cdot (1-h) \cdot \left(\frac{f_s}{f_{sn}}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{M_{ll}}{K_1}}$$

$$i_{\mu'}^{opt} = \sqrt{\frac{R_S + R_R}{R_S + R_{Fe} \cdot h \cdot \left(\frac{f_s}{f_{sn}}\right) + R_{Fe} \cdot (1-h) \cdot \left(\frac{f_s}{f_{sn}}\right)^2}} \cdot i_{sq}$$

Zur Definition eines für das jeweilige innere Moment M_{ll} maßgeblichen Wirkstrom i_{sq} wird von der Differenz zwischen dem Istwert u_2 ist der Zwischenkreisspannung gemäß dem Spannungsniveau des zweiten Bordnetztes U2 einerseits und dem Sollwert $u_{2, \text{sol}}$ dieser Zwischenkreisspannung ausgegangen und in einem PI-Bildner der entsprechende Wirkstrom i_{sq} definiert. Entsprechend dem jeweils geforderten Wirkstrom i_{sq} wird gemäß den vorgenannten Formeln nach dem Prinzip der verlustoptimalen felderorientierten Regelung unter Berücksichtigung der jeweiligen Statorfrequenz f_s in einem Frequenzadapter FA der entsprechende Magnetisierungsstrom i_μ' bestimmt und über die felderorientierte Regelung FOR der Umrichter U bzw. die Asynchronmaschine des Starter-Generators SG angesteuert.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Magnetisierungsstrom i_μ' in vorteilhafter Weise zusätzlich in Abhängigkeit von einem Begrenzer B gestellt, derart daß der Magnetisierungsstrom bei höherer Drehzahl, insbesondere zur Verhinderung einer thermischen Überlastung bzw. im Sinne eines Feldschwächbetriebes, begrenzt ist.

Patentansprüche

1. Bordnetz für ein Kraftfahrzeug

- mit einem ersten, insbesondere aus einer Kraftfahrzeug-Batterie (B) speisbaren Bordnetzteil (U1) zur Versorgung von Verbrauchern niedrigerer Spannung;
- mit einem zweiten Bordnetzteil (U2) zur Versorgung von Verbrauchern höherer Spannung;
- mit einem dritten Bordnetzteil (U3) für den Starter-Betrieb bzw. Generator-Betrieb eines mit einer Verbrennungsmaschine (VB) koppelbaren Starter-Generators (SG);
- mit einer Schalt- bzw. Verbindungsvorrichtung (V1-V3), über die einerseits der erste Bordnetzteil (U1) über einen Hochsetzsteller (HSST) mit dem zweiten Bordnetzteil (U2) bzw. mit dem dritten Bordnetzteil (U3) für den Starter-Betrieb des Starter-Generators (SG) oder andererseits der dritte Bordnetzteil (U3) im Generator-Betrieb des Starter-Generators (SG) mit dem zweiten Bordnetzteil (U2) in Einspeiseverbindung bringbar ist.

2. Bordnetz nach Anspruch 1

- mit einer elektrischen Schalt- bzw. Verbindungsvorrichtung (V1-V3)
 - mit einer ersten Verbindung (V1) von dem ersten Bordnetzteil (U1) zu dem dritten Bordnetzteil (U3) mit Sperrung in Gegenrichtung;
 - mit einer zweiten Verbindung (V2) von dem ersten Bordnetzteil (U1) zu dem zweiten Bordnetzteil (U2) mit Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetztes (U2) aus dem ersten Bordnetzteil (U1);
 - mit einer dritten Verbindung (V3) von dem dritten Bordnetzteil (U3) zu dem zweiten Bordnetzteil (U2) mit Einschaltung nur bei Speisung des zweiten Bordnetztes (U2) aus dem dritten Bordnetzteil (U3).

3. Bordnetz nach Anspruch 1 und/oder 2

- mit einer Einspeisung des Starter-Generators (SG) in das erste Bordnetzteil (U1) über das zweite Bordnetzteil (U2) im Generator-Betrieb.

4. Bordnetz nach Anspruch 3

- mit einer vierten Verbindung (V4) von dem zweiten Bordnetzteil (U2) zu dem ersten Bordnetzteil (U1) über einen Tiefsetzsteller (TSST).

5. Bordnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-4

- mit einem dem Starter-Generator (SG) zugeordneten Umrichter (U) als Teil des dritten Bordnetztes (U3).

6. Bordnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1-5

- mit einem dem Starter-Generator (SG) zugeordneten Start-Kondensator (K) als Teil des dritten Bordnetztes (U3).

7. Bordnetz nach einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bzw. 6

- mit einer Mitbenutzung des Start-Kondensators (K) als Zwischenkreis-Kondensator des Umrichters (U) im Generator-Betrieb des Starter-Generators (SG).

8. Bordnetz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche

- mit einer rotorflußorientiert geregelten Asynchronmaschine als Starter-Generator (SG).

9. Bordnetz nach dem vorhergehenden Anspruch

DE 197 52 661 A 1

– mit einer Regelung des inneren Momentes:

$$M_i = K_1 \cdot i_w \cdot i'_\mu$$

der Asynchronmaschine nach dem Prinzip der verlustoptimalen Adaptierung des Magnetisierungsstromes (i'_μ) in Abhängigkeit von einem entsprechend dem jeweils geforderten Antriebs-Drehmoment ermittelten Sollwert-Wirkstrom (i_w) sowie von der Statorfrequenz (f_s). 5

10. Bordnetz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche 7–9

– mit einem Begrenzer zur Begrenzung des Magnetisierungsstromes (i'_μ) in Abhängigkeit von der Drehzahl (n) der Asynchronmaschine. 10

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

